

ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ РАСЧЕТЕ СПЕКТРА НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОДКРИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.О. Луцик, С.В. Беденко

Научный руководитель: доцент кафедры, к.ф.м.н. С.В. Беденко
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: iol4@tpu.ru

Основной задачей нейтронно-физических расчетов является задача о нахождении критических параметров и пространственно-энергетического распределения нейтронов. Для осуществления таких расчетов применяются два подхода: детерминистический, суть которого заключается в решении интегро-дифференциального или дифференциального уравнения переноса нейтронов, и стохастический, в котором реализуется моделирование случайной величины с целью вычисления характеристик ее распределения [1].

Наибольшее распространение при решении уравнения переноса нейтронов получило многогрупповое приближение. С точки зрения вычислительных затрат, а также затрат по хранению ядерно-физических констант, данный метод решения является наиболее экономичным, и в ряде случаев дает точное и надежное решение [2].

В настоящей работе реализован итерационный способ решения условно-критической задачи (стационарная задача) переноса нейтронов в диффузионном 28-ми групповом приближении. Расчет проведен для подкритической системы из сферы $^{238}\text{PuO}_2$.

Для организации итерационного процесса решения необходимо задать спектр мгновенных нейтронов $\chi(E)$, спектр нейтронов спонтанного деления $\chi_{sf}(E)$ и спектр нейтронов (α, n) -реакций $\chi_{\alpha n}(E)$. Отметим, что выбор функции распределения нейтронов $S(r) = Q(r) \cdot \chi(E) dE$ является важным этапом моделирования, позволяющим существенным образом повысить точность искомых решений. Спектры $\chi(E)$, $\chi_{sf}(E)$ известны для большинства делящихся нуклидов и могут быть аппроксимированы спектральной функцией Уатта.

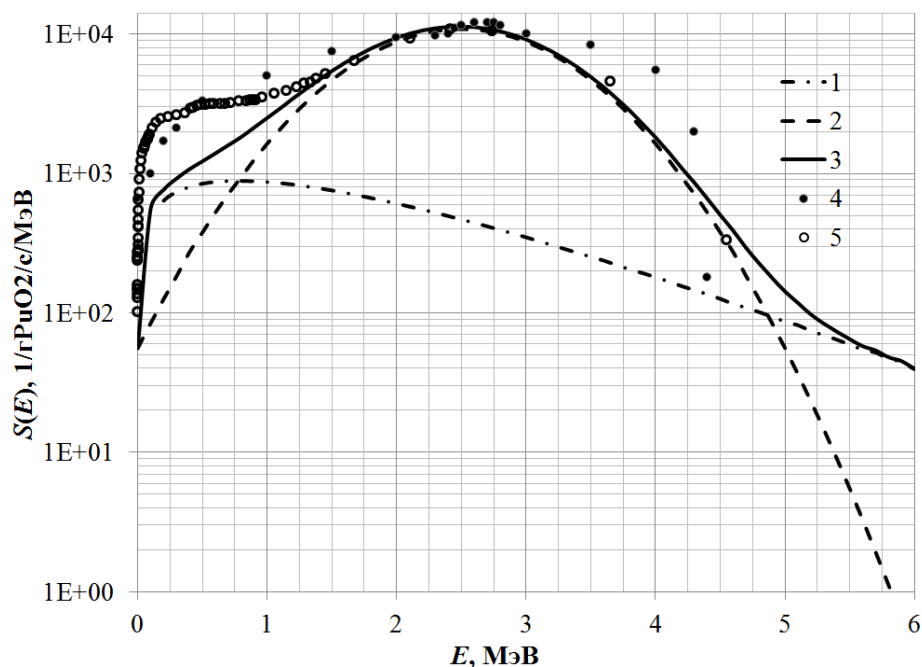


Рис. 1. Спектральное распределение нейтронов $^{238}\text{PuO}_2$:

- 1 – спектральное распределение нейтронов спонтанного деления; 2 – спектральное (искомое) распределение нейтронов (α, n) -реакции ($a = 0,85$, $b = 2,50$); 3 – суммарное (искомое) распределение: $\{\chi_{sf}(E) + \chi_{\alpha n}(E)\}$; 4 – суммарное распределение, данные работы [3]; 5 – суммарное распределение, результаты аппроксимации данных библиотек EXFOR и ENDSF

Спектр нейтронов $\chi_{\text{ан}}(E)$ получен путем аппроксимации расчетной (ENDSF) и экспериментальной информации (EXFOR) функцией вида $\chi_{\text{ан}}(E) = a^{-1} (2\pi)^{-1/2} \cdot \exp(-(E-b)^2/2a^2)$, $a = 0,85$, $b = 2,5$ (см. Рисунок 1). В качестве опорных данных взяты результаты работы [3]. В этой работе приведены точные характеристики спектров нейтронов для топливной композиции PuO_2 массой 5,65 кг. Исследуемый в [3] термоэлектрический генератор, заправленный PuO_2 , служит источником тепла и электроэнергии в космических спутниках. Измерения выполнены с целью проектирования защиты основного оборудования аппарата от излучения.

В работе, с использованием данных о выходе нейтронов и многогрупповых подходов (БНАБ-78,-93), получен 28-групповой спектр плотности потока нейтронов ($\Phi(E)$, $1/\text{см}^2/\text{с}/\text{МэВ}$) и величина подкритичности системы $\sim 1/(1-k_{\text{eff}})$. Большое внимание уделено определению функции распределения нейтронов.

Расчетные данные хорошо согласуются с результатами, выполненными с использованием расчетного кода программы ANISN [3] и SCALE-4.3 (KENO- V.a, ENDF/B-V).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белл Д., Глесстон С. Теория ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1974.
2. M.N. Plevaka, S.V. Bedenko, I.M. Gubaidulin, V.V. Knyshev. «Neutron-physical studies of dry storage systems of promising fuel compositions». Bulletin of the Lebedev Physics Institute. V. 42. №. 8. P. 240-243 (2015).
3. Taherzadeh M., Peter J. Gingo. Neutron radiation characteristics of plutonium dioxide fuel // Nuclear Technology. 1972. V. 15(3). P. 396–410.